



קוטריטס לא ע'ליו: ההשפעה הסינרגיסטית של אתנול ואווירה מתואמת למניעת התפתחות פטריית העובש האפור בענבי מאכל

אמנון ליכטר, יוחנן זוטחי, טניה קפלנוב, נחמיה אהרני וסוזן לוריא / המחלקה לחקר תוצרת חקלאית, מינהל המחקר החקלאי
יולה סקס / 'סטפק'

באתנול לאחר הקטיף כאמצעי למניעת בוטריטס באחסון. למרות יעילות הטיפול, אין לו מימד שאריתי שיספק הגנה בפני הפטריה במהלך האחסון ויגן על הענבים בפני הדבקות לטנטיות. לעומת זאת, במאמר זה מדווח שבסדרת ניסויים בזן 'סופירור' ('Superior') נמצא, שאם מוסיפים לטבילה באתנול מרכיב של אחסון באווירה מתואמת, ניתן למנוע כמעט לחלוטין את התפתחות הריקבון. התנאים לאווירה המתואמת נוצרו באמצעות מיקרופורציה של שקיות Xtend, אשר ייחודן ביצירת לחות מתואמת ומניעת הצטברות של מים חופשיים על פני הפרי. באמצעות צירוף זה ניתן היה לרדת בריכוז ה-CO₂ אל מתחת לסף שגורם נזק לפרי. אם וכאשר הייתה פגיעה בטעם הפרי מעודף CO₂ - היא התפוגגה תוך 24 שעות

אחסון ענבי מאכל מחייב מניעה מוחלטת של התפתחות פטריית העובש האפור (*Botrytis cinerea*). השיטה המסחרית מתבססת על יישום SO₂ במהלך האחסון באמצעים שונים ויש לה יתרונות רבים, אך גם חסרונות ידועים. שיטות חלופיות רבות הוצעו במשך השנים שנתנו פתרונות חלקיים, ישימים פחות או יותר, ובכל מקרה לא היה הכרח לאמצן. באווירה מתואמת מאוחסן המוצר בתוך אריזה שבה הרכב האווירה תלוי בקצב הנשימה שלו ובחדירות האריזה לגזים, ובתנאים מסוימים נמנעת התפתחות פטריות. בענבי מאכל אווירה מתואמת כשלעצמה סובלת מחפיפה בין סף מניעת התפתחות הריקבון לבין סף הנזק לפרי כתוצאה מעודף CO₂. בעבר הדגמנו את ההשפעה המשמעותית מאד שיש לחיטוי ענבי מאכל



נזק בוטריטיס בענבי 'בלק פינגר'

מפתחת השקיות לאחר האחסון. מכלול התוצאות מצביע על אפשרות ליישם את השיטה אם וכאשר תהיה דרישה לפרי ללא SO_2 .

הקדמה

הגורם העיקרי לרקבונות בענבי מאכל במהלך האחסון הוא פטריית העובש האפור (*Botrytis cinerea*) (Droby and Lichter, 2004). הדברה יעילה של הפטריה מתאפשרת על-ידי שחרור גז גופרית דו-חמצנית (SO_2) על-ידי אידוד חדר הקירור, כנהוג בארה"ב, או על-ידי אריזת הענבים עם פדים לשחרור מבוקר של SO_2 (Luvisi et al., 1992).

למרות היעילות הגבוהה של טכנולוגיית ה- SO_2 , טעם הפרי עלול להיפגם ותופעות של היסדקות או הלבנה עלולות להתבטא בתנאי אחסון לא מיטביים. בעיה נוספת, גם אם קטנה בהיקפה, היא רגישות היתר של אנשים ל- SO_2 , ובעיה גדולה היא הדרישה הגוברת בעולם המערבי למוצרים טריים שאינם מתבססים על SO_2 , פונגיצידיים או מזהמים סביבתיים.

אחת הטכנולוגיות שפותחה לאחרונה לענבי מאכל מבוססת על חיטוי פני השטח של הענב על-ידי טבילת האשכול בתמיסת אתנול לאחר הבציר (Lichter et al., 2002). שיטה זו מנעה רקבונות גם בטווח זמן של שמונה שבועות בקירור, אך על סמך מכלול התוצאות לא ניתן היה להמליץ על אחסון בטווח זמן העולה על חודש. למרות שבמדינת ישראל הדבקות לטנטיות בעונת הפריחה והחנטה אינן שכיחות, יש עדיין מקורות אילוח פנימיים שאינם ניתנים למניעה על-ידי טבילה באתנול. כמו כן, מקורות אילוח חיצוני לאחר הטבילה באתנול גורמים לכך שההשפעה של הטיפול תלויה במשך האחסון ובזמן שבו הפטריה יכולה להתבסס ולגרום לרקבונות. על כן, הנחת העבודה הייתה, שטיפול משלים, שיהיה בעל השפעה מתמשכת במהלך האחסון, יוכל למנוע הן את מקורות האילוח הפנימיים מלהתפתח והן את מקורות האילוח המשניים מלהתבסס על הפרי.

באווירה מבוקרת מאוחסן הפרי בהרכב גזים יחסי שונה מההרכב האטמוספרי. בענבים נערכו ניסויים שונים - שטרם צלחו את המחסום המסחרי, להשתמש באווירה מבוקרת, בעיקר בגלל צמידות סף הנזק לפרי כתוצאה מעודפי CO_2 לסף מניעת הרקבונות, אולם לאחרונה דווח על הצלחה יחסית באחסון ענבי מאכל מהזן 'רד-גלוב' (Crisosto et al., 2002). אווירה מתואמת יכולה לחקות במידה מסוימת את תנאי האווירה המבוקרת תוך צבירת הפחמן הדו-חמצני הנוצר בתהליך הנשימה וניצולו כאמצעי למניעת רקבונות. תוצר נוסף של תהליך הנשימה הוא המים והצטברותם בתוך אריזות האווירה המתואמת. תופעה זו מעודדת התפתחות רקבונות ומהווה על-פי רוב את הגורם המגביל בטכנולוגיה זו. סוגי פולימרים ספציפיים מסוגלים לפנות את עודפי המים החופשיים, אך במקביל לשמר לחות גבוהה הדרושה למראה הרענן של הפרי. פולימרים מסוג זה, המשווקים תחת השם Xtend, פותחו בישראל ובאמצעותם ניתן היה לאחסן בהצלחה מוצרים שונים דוגמת צמחי תבלין, תות, מלפפון ועוד, אך לא ענבי מאכל.

מטרת המחקר הנוכחי הייתה לבחון את הטיפול המשולב של טבילת אשכולות ענבי מאכל באתנול לאחר הבציר ואחסונם באווירה מתואמת בבטנות Xtend, למניעת התפתחות רקבונות במהלך האחסון. התנאי היה לא להתפשר על טעם ומראה הפרי. המחקר כלל חמישה ניסויים שנערכו בענבים מזן 'סופיריור' במהלך שתי עונות.

שיטות וחומרים

ענבי מאכל מזן 'סופיריור' נבצרו על-פי הסטנדרד המסחרי המקובל לייצוא,

מחמישה כרמים במהלך שתי עונות (2002 ו-2003). מדדי ההבשלה של הענבים שנבדקו היו גודל גרגרים, כמות מומסים מוצקים (כמ"מ) ושעור חומצה (מבוטא כאחוזי חומצה טרטרי). האשכולות נבדקו וגרגרים פגומים הורחקו. אשכולות במשקל של 5 ק"ג הונחו על-גבי ריפוד פלציב בארגזי פלסטיק מחורצים. הארגזים נטבלו בתמיסת אתנול בריכוז 33 או 50%, על-פי המצוין בכל ניסוי, בנפח של 25 ליטר למשך 5 עד 10 שניות. לאחר ייבוש הפרי במסע המצויד בשלושה מאווררים אופקיים למשך כ-5 דקות, הונחו האשכולות בבטנות Xtend ('סטפק', תפן, ישראל). הבטנות נסגרו באמצעות גומיות לאחר קירור הפרי לטמפרטורה של 0°C.

לאחר כ-24 שעות ב-0°C הושוותה האריזה בבטנות Xtend לשיטה המסחרית של אריזה בנוכחות פדים לשחרור מבוקר (Osku-Vid, Chile) של SO_2 מטיפוס השחרור הכפול בגודל של שלושה רבעים מהמקובל ביישום מסחרי. הארגזים הללו, כמו גם ביקורות של פרי שעבר טבילה באתנול ללא בטנות, או ביקורות לא מטופלות, נעטפו, בצברים של שלושה ארגזים, בפוליאתיילן נמתח בעובי 20 מיקרון. בטנות ה-Xtend היו משני טיפוסים: טיפוס L - עם לחות פנימית של 93%, וטיפוס H - עם לחות פנימית של 98%, על-פי נתונים בספרות (Aharoni and Richardson, 1997). שני סוגי הבטנות

הכילו חירור מיקרוני (מצוין כ-MP).

לאחר הוצאה מקירור (RH 90%, 0.5 מ"צ) נפתחו הבטנות ובחינת הפרי התבססה על הערכה חזותית חיצונית. לאחר שלושה ימים ב-20 מ"צ ולחות יחסית של 70-80%, נערכו בדיקות איכות פרטניות. הפרי הרקוב מוין ונספר. רעננות האשכול הוערכה בסולם של 1 = איכות מירבית, כמו בבציר, עד 5 = איכות ירודה, אשכולות נבולים. איכות השדרות והעוקצים הוערכה על-פי מדד של 1 = שדרות ועוקצים ירוקים, כמו בבציר, עד 5 = שדרות ועוקצים חומים ויבשים. מוצקות הוערכה על-ידי מגע אצבע על-פי מדד 1 = גרגרים מוצקים מאוד, עד 5 = גרגרים רכים מאוד. טעם הפרי נבדק על-ידי 16 מעריכים שנתבקשו לציין את המתקנות, החמיצות וטעם הלואי בדירוג מ-1 עד 10.



צוות המעבדה בבדיקת ניסוי ב'בלק פינגר'

תוצאות

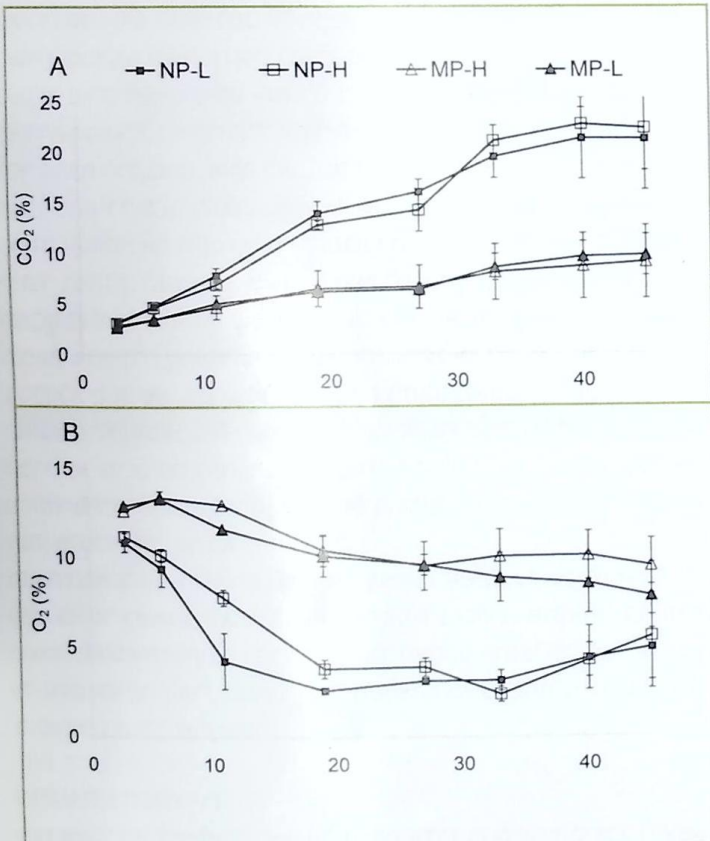
נבדקו שני סוגי בטנות Xtend - עם מוליכות גבוהה (H) ונמוכה למים (L) ועם חירור מיקרוני (MP), או בטנות אטומות (NP). הבטנה עם מוליכות המים הנמוכה שקופה יותר ולשני סוגי הבטנות הייתה חדירות שווה ל- CO_2 כאשר הן היו ללא חירור (איור 1). בטנות לא מחוררות צברו CO_2 לאורך כל תקופת האחסון עם רמות סופיות של כ-20% לאחר 40 יום ב-0 מ"צ. רמות החמצן ירדו במהירות בשבועיים הראשונים לאחסון ולאחר מכן התייצבו על רמה של 3 עד 5%. גם בבטנות המחוררת הייתה הצטברות הדרגתית של CO_2 במהלך האחסון, ורמות החמצן וה- CO_2 בתום האחסון עמדו על כ-10%. כמות הפרי הרקוב לאחר אחסון בקירור ועוד שלושה ימים ב-20 מ"צ הייתה גבוהה בביקורת שלא נארזה בבטנות ולא טופלה ב- SO_2 : שיעור הפרי הרקוב היה 28 ו-20% בניסויים A ו-B, בהתאמה (איור 2). בביקורת של ניסוי A לא היו אשכולות בריאים כלל ובניסוי B שיעור האשכולות הבריאים היה 5% (איור C2).

אחסון הענבים בנוכחות פדים לשחרור SO_2 , שיטה המהווה את הסטנדרד המסחרי, הפחית את הרקבנות לעשירית מבביקורת, וכך גם הייתה התוצאה של טבילת הפרי באתנול לאחר הבציר (איור A2 ו-B2). אחסון הענבים בבטנות עם חירור מיקרוני היה יעיל במידה דומה לזו של טבילה באתנול או חשיפה ל- SO_2 , לעומת בטנות בלתי מחוררות, שבמקרה זה נרשמו בהן יותר רקבנות. טבילה ב-33% אתנול שלווה באחסון בבטנות MP-H יצרה

השפעה סינרגיסטית, שהסתכמה בשיעור רקבנות נמוך מ-2% (איור A2). בניסוי B הצירוף של טבילה באתנול ואווירה מתואמת בבטנות Xtend הסתכם ב-50 או 80% אשכולות בריאים, לעומת 5% בביקורת ו-20% בטיפול ה- SO_2 (איור C2). במקביל לבחינת בטנות Xtend בדקנו אחסון של ענבים בבטנות פוליאיתילן. בבטנות אלו התפתחה אווירה מתואמת בהרכב CO_2 סופי של כ-5%, אך הן צברו כמות רבה של מים חופשיים ושיעור הרקבנות שהתפתח בהן היה גבוה מאד (תוצאות לא מוצגות).

איכות הענבים הוערכה בשלב ההוצאה מהקירור ולאחר שלושה ימים ב-20 מ"צ (ראה טבלה בעמוד הבא). הגרגרים בטיפול הביקורת וה- SO_2 היו מעט רכים בהשוואה לפרי שאוחסן בבטנות. בהערכת הפרי לאחר הוצאה מקירור (מידע לא מוצג) או הערכה לאחר חיי מדף (ראה טבלה) לא נראו הבדלים משמעותיים או עקביים ברעננות האשכולות בין הטיפולים. לעומת זאת, אשכולות שאוחסנו בבטנות אטומות (NP-H ו-NP-L) סבלו מהתייבשות רבה יותר של השדרות והעוקצים בהשוואה לאותן בטנות עם חירור מיקרוני (MP-H ו-MP-L), למרות שההבדלים אינם מובהקים תמיד. יש לציין, שבמקרה זה מדד התייבשות משקף נזק של CO_2 , המתבטא בהחמות, יותר מאשר התייבשות עקב איבוד מים.

איור 1: הקינטיקה של הצטברות חמצן (A) ופחמן דו-חמצני (B) בבטנות Xtend המכילות ענבים מזן 'סופרירור' בטמפרטורה של 0 מ"צ. ארבעת סוגי הבטנות שנבדקו הם: NP-L - בטנה אטומה עם הולכת מים נמוכה; NP-H - בטנה אטומה עם הולכת מים גבוהה; MP-L - בטנה עם חירור מיקרוני והולכת מים נמוכה; MP-H - בטנה עם חירור מיקרוני והולכת מים גבוהה. כל טיפול כלל שלוש חדרות וסטיות התקן מוצגות

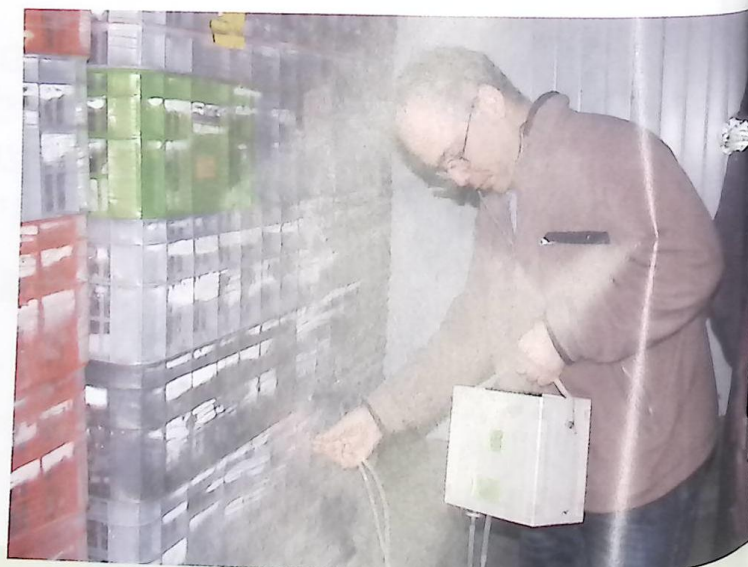
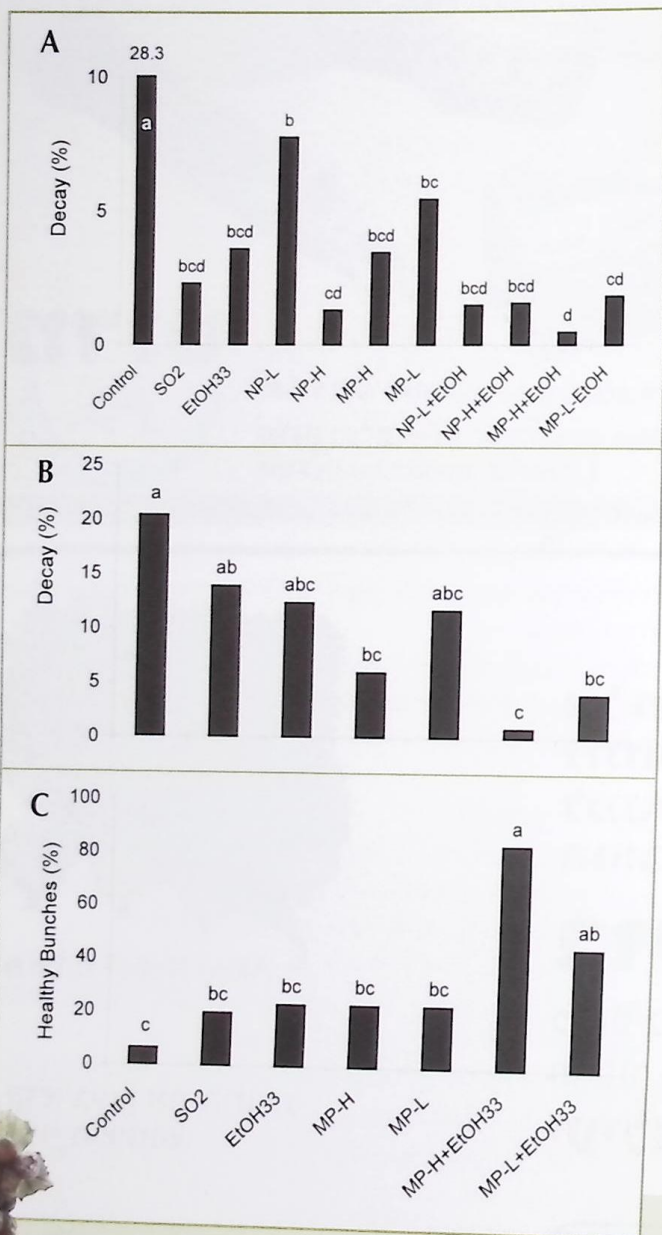


איכות ענבי מאכל לאחר שבעה שבועות ב-0 מ"צ ושלושה ימים ב-20 מ"צ

המדד הנבדק	מוצקות			רענונות			התייבשות שדרות		
	SNK	ממוצע	SE	SNK	ממוצע	SE	SNK	ממוצע	SE
ביקורת	a	2.00 ± 0.05		b	2.83 ± 0.17		B	2.62 ± 0.22	
SO ₂	a	2.13 ± 0.05		ab	2.25 ± 0.11		B	2.47 ± 0.11	
טבילה באתנול	b	1.84 ± 0.05		ab	2.29 ± 0.22		B	2.46 ± 0.06	
NP-H	b	1.83 ± 0.05		b	2.62 ± 0.15		A	3.16 ± 0.23	
NP-L	b	1.82 ± 0.08		b	2.70 ± 0.19		A	3.29 ± 0.08	
MP-H	b	1.78 ± 0.03		b	2.42 ± 0.08		B	2.78 ± 0.19	
MP-L	b	1.78 ± 0.04		ab	2.27 ± 0.11		B	2.95 ± 0.11	
NP-H אתנול	b	1.78 ± 0.13		b	2.58 ± 0.08		A	3.23 ± 0.21	
NP-L אתנול	b	1.82 ± 0.06		a	3.03 ± 0.11		A	3.26 ± 0.09	
MP-H אתנול	b	1.88 ± 0.06		ab	2.24 ± 0.21		B	2.47 ± 0.09	
MP-L אתנול	b	1.85 ± 0.05		ab	2.33 ± 0.19		B	2.90 ± 0.14	

הערה: מדדי האיכות מדורגים על-פי סולם מ-1 עד 5, כאשר 1 נחשב איכות מירבית המיוחסת לאיכות התכונה הנבדקת במועד הבציר של הפרי. באופן כללי, ערך של עד 3 נחשב כרמת הסף הנאותה לשיווק מסחרי. התוצאות הן ממוצע של שלושה ניסויים עם שלוש או ארבע חזרות לניסוי. הטיפולים בטבילה כוללים ביקורת לא מטופלת, חשיפה ל-SO₂ באמצעות פד שחרור כפול, טבילה ב-33% אתנול ואחסון בארבעה סוגי בטנות: NP-L - בטנה אטומה עם הולכת מים נמוכה; NP-H - בטנה אטומה עם הולכת מים גבוהה; MP-L - בטנה עם חירור מיקרוני והולכת מים נמוכה; MP-H - בטנה עם חירור מיקרוני והולכת מים גבוהה.

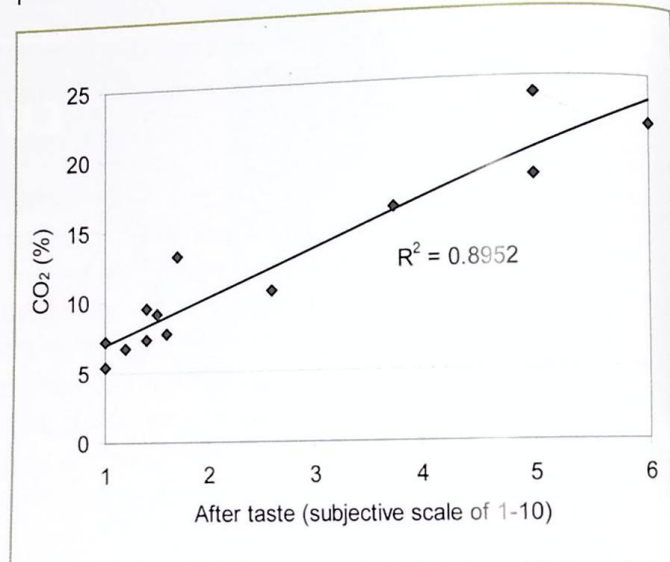
אזור 2: שעורי פרי רקוב בשני ניסויים (A ו-B) ושעור האשכולות הבריאים בניסוי (C). B. שעור הפירות הרקובים בביקורת של ניסוי A מובא כמספר מעל העמודה השמאלית. ארבעת סוגי הבטנות שנבדקו הם: NP-L - בטנה אטומה עם הולכת מים נמוכה; NP-H - בטנה אטומה עם הולכת מים גבוהה; MP-L - בטנה עם חירור מיקרוני והולכת מים נמוכה; MP-H - בטנה עם חירור מיקרוני והולכת מים גבוהה. חלק מהטיפולים כלל טבילה של הפרי ב-33% אתנול (EtOH) ואחת הביקורות אוחסנה בנוכחות פדים לשחרור מבוקר של SO₂. כל טיפול כלל שלוש חזרות וסטיות התקן מוצגות. אותיות שונות מעל העמודות של אותה קבוצת משתנים מייצגות הבדלים משמעותיים בין הטיפולים ברמת ביטחון של 5%



אמנון ליכטר. איך האווירה?

סוף בעמ' 45

איור 3: מתאם טעם הלוואי ביחס לרמת הפחמן הדו-חמצני בבטנות. ענבים מזן 'סופיריור' הוחזקו בקירור למשך שבעה שבועות. בדיקות טעימה נערכו לאחר 24 או 72 שעות מפתחת הבטנות על-ידי צוות של חמישה טועמים. טעם הלוואי דורג על-פי מדרג מ-1 = ללא טעם לוואי, עד 10 = טעם רע מאוד. דגימות מהאווירה הפנימית של הבטנות נלקחו ב-0 מ"צ לפני פתיחתן



בעונה השנייה לבחינת השילוב בין הטבילה באתנול לאריזה בבטנות Xtend נערכו בחינות מקיפות יותר של השפעת הטיפול השונים על טעם הפרי. באחד הניסויים נערכו מבדקי טעם על-ידי צוות טועמים שלוש, 24 ו-72 שעות לאחר ההוצאה מהקירור ופתיחת הבטנות. טעם הלוואי היה המדרג שהשתנה באופן משמעותי בין הטיפולים וזמני הבדיקה השונים בהתאמה לרמות ה- CO_2 הסופיות בבטנות. שלוש שעות לאחר פתיחת הבטנות לא נרשמו טעמי לוואי בטיפולי הביקורת והטבילה באתנול. לעומת זאת, בטיפולים שנחשפו ל- SO_2 או רמות CO_2 של 7.2-7.3%, טעם הלוואי היה 1.8-2. בעונת הניסויים השנייה נערכו בדיקות טעימה מפורטות בתנאים שונים לדוגמה, צוותי טועמים בחנו את טעם הפרי לאחר שלושה, 24 ו-72 שעות מהוצאה מקירור ופתיחת הבטנות. מרכיב טעם הלוואי היה המדרג שהשתנה בצורה המשמעותית ביותר בהתאמה לרמות ה- CO_2 הסופיות בבטנות. שלוש שעות לאחר פתיחת הבטנות קיבלו הביקורת וטיפול הטבילה באתנול את התוצאה 1 (ללא טעם לוואי). ענבים מטופלים ב- SO_2 וענבים שנחשפו לרמה של 7-9% CO_2 קיבלו את הערכים 1.8-2. ענבים שנחשפו לרמת CO_2 של 10.6% או 21.7% קיבלו את הערכים 4 ו-6, בהתאמה. לעומת זאת, לאחר 24 שעות מפתחת הבטנות ב-20 מ"צ, טעם הלוואי בענבים שהיו חשופים ל-7-9% CO_2 ירד לערכים של 1 ו-1.5, בהשוואה לירידה מ-4 ל-2.8 ברמת חשיפה של 10.6. בניגוד למגמה זו, טעם הלוואי בענבים שהיו חשופים לרמה גבוהה של CO_2 , לא השתנה. הערכים המקובצים של טעם הלוואי לאחר 24 ו-72 שעות ב-20 מ"צ בקורלציה לרמות CO_2 מתוארים גם באיור 3, ועל-פי תוצאות אלו, חשיפה לרמות CO_2 של עד 13% נותנת רמה נסבלת של טעם לוואי בתלות באוויר של הפרי למשך 24 שעות.

לסיכום, בטנות Xtend שיושמו על ענבים מזן 'סופיריור' למשך שבעה שבועות בקירור ועוד שלושה ימים ב-20 מ"צ, יכלו לתת מענה חלקי בלבד למניעת

רקבונות. תוספת של טבילה מקדימה של הפרי באתנול שיפרה מאד את ההשפעה של כל טיפול, לרמת הרקבונות בענבים הייתה שווה או נמוכה לרמה שהתקבלה במודל של ביקורת מסחרית. ההצטרבות של CO_2 בתוך הבטנות עד רמה של כ-10% באמצעות בטנות Xtend עם מיקרופורציה לא גרמה לטעמי לוואי גבוהים. אם וכאשר התפתח טעם לוואי הוא התפוגג תוך 24 שעות. בטנות אטומות מנעו רקבונות ביעילות, אך צברו יותר מדי CO_2 וההשפעות השליליות על טעם ומראה הפרי היו משמעותיות. ברור שתוצאות אלו דורשות אימות במגוון איכויות פרי ותנאים ויש להפחית את השונות בהרכב האווירה ככל שניתן. עם זאת, נראה ששילוב שיטות של חיטוי הפרי לאחר הבציר עם ההשפעות החיוביות של אווירה מתואמת, נותן פרוטוקול העוקף את הצורך להשתמש ב- SO_2 לאחסון ענבי מאכל.



יצחק קוסטוב במקרר

ספרות מצוטטת

1. Aharoni Y., D.G. Richardson (1997): New, higher water permeable films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. Prolonged MAP storage of sweet corn. In: CA'97 Vol. 4, University of California Press, Davis, pp. 73-77.
2. Crisosto C.H., D. Garner, G. Crisosto (2002): Carbon dioxide-enriched atmospheres during cold storage limit losses from Botrytis but accelerate rachis browning of 'Redglobe' table grapes. Postharvest Biol. Technol. 26:181-189.
3. Droby S., Lichter A. (2004): Post-harvest Botrytis infection: etiology, development and management. In: Botrytis: biology, pathology and control. Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P., Delen, N. (Eds). Kluwer Academic Publishers, Dorchester, The Netherlands.
4. Lichter A., Y. Zutkhy, L. Sonego, O. Dvir, T. Kaplunov, P. Sarig, R. Ben-Arie (2002): Ethanol controls postharvest decay of table grapes. Postharvest Biol. Technol. 24:301-308.